

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
Приладобудівний факультет
(повна назва інституту/факультету)
Кафедра приладів і систем орієнтації і навігації
(повна назва кафедри)

Дипломний проект
освітнього рівня бакалавр
(назва ОКР)

з спеціальності 151 - Прилади і системи орієнтації та навігації
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему: Робочі окуляри з проекційним екраном

Виконав (-ла): студент (-ка) 3 курсу, групи ПГ-пб1
(шифр групи)

Шмидко Віталій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник кандидат техн. наук, доцент Павловський О.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Рецензент ст. викл., к.т.н. Божко КМ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з 44 ілюстрацій, 4 таблиць, 1 додатку.

Мета дипломного проекту розробити і створити оптичну систему з проєкційним екраном, яка виводитиме данні з датчику на екран. Повинна мати змогу підключення до комп'ютера. Автономна система живлення яка зробить проект незалежним від розеток на період експлуатації системи. У результаті проектування було отримано систему з низькими енерговитратами, контрастним зображенням проєкції, а також малими габаритами. Без живлення автономної системи на резервних акумуляторах система працює на протязі 5хв і більше. Висока швидкість зчитування та відправки даних до цифрових датчиків та через модуль зв'язку Bluetooth. Усі компоненти системи стійкі до температурного діапазону від -40 °С до +80 °С. Діелектричний шар плівки з фторопласту стійкий до напруги 1000V та 400 °С. Ці характеристики дали змогу розташувати компоненти дуже щільно відносно один одного без ризику короткого замикання між відкритими мікросхемами та місцями пайки.

Рекомендується для відправлення даних на гарнітуру використовувати смартфон або ноутбук з Bluetooth терміналом. Він має надсилати дані без спец символів таких як новий рядок або табуляція. Закріплення системи на окулярах проводити за допомогою кабельної стяжки. Таке рішення дає змогу закріпити систему на будь-яких окулярах з прямою дужкою. Випуклі дужки окулярів зміщують систему відносно очей, що не дає змогу бачити проєкцію.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
						2
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note consists of 44 illustrations, 4 tables, 1 appendix.

The purpose of the diploma project is to develop and create an optical system with a projection screen that outputs the data from the sensor to the screen. Must be able to connect to a computer. An autonomous power supply system that will make the project independent of sockets for the period of operation of the system. As a result of the design, a system with low energy consumption, a contrast image of the projection, as well as small dimensions was obtained. Without powering the stand-alone system on standby batteries, the system runs for 5 minutes or more. High speed of reading and sending data to digital sensors and via Bluetooth communication module. All components of the system are stable to the temperature range from -40 °C to +80 °C. The dielectric layer of the PTFE film is resistant to voltage 1000V and 400 ° C. These characteristics made it possible to position the components very tightly against each other without the risk of short circuit between open circuits and soldering places.

It is recommended to use a smartphone or notebook with a Bluetooth terminal to send data to the headset. It should send data without special characters such as a new line or tab. Fixing the system on glasses using a cable tie. This solution allows you to fix the system to any point with a straight bracket. Convex brackets of glasses shifted the system relative to the eye, which prevents the projection from seeing.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редиз	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I. Вибір і обґрунтування оптимальності технічних рішень або теоретичних та експериментальних методів досліджень поставлених задач.	8
1.1 Гарнітура Google Glass	8
1.2 Гарнітура Smart Eyeglass	9
1.3 Гарнітура Jet Glasses.....	11
1.4 Гарнітура GlassUp	12
1.5 Інші гарнітури	13
1.6 Технологія VR.....	14
1.7 Можливості робочих окулярів з проекційним екраном.	19
РОЗДІЛ II. Розробка макету робочих окулярів з проекційним екраном. ...	30
2.1 Вимоги до проекту	30
2.2 Вибір елементної бази	30
2.2.1 Вибір дисплею.....	30
2.2.2 Вибір оптичної системи	34
2.2.3 Вибір елементів керування	38
2.2.4 Вибір елементів живлення	41
2.2.5 Вибір мікроконтролеру	43
2.2.6 Вибір матеріалів корпусу гарнітури	48
2.3 Збірка модулів гарнітури.....	50
2.4 Програмування мікроконтролеру	51
2.5 Корпус гарнітури.....	52
2.6 Збірка гарнітури	55
ВИСНОВКИ	58
ДОДАТОК А – Програмний код	59
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	64

Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

МК – мікроконтролер;
ОС – операційна система;
РК – рідинно-кристалічний;
PLA - полілактид пластик;
ABS – акрилонітрілбутадієнстірол пластик;
OLED - Organic light-emitting diode;
PCB - Printed circuit board;
SMD - Surface mounted devic;
DIP - Dual in-line package;
VR - Virtual reality;
AR – доповнена реальність;
FPS – frame per second;
SPI – Serial Peripheral Interface;
I2C - Inter-Integrated Circuit;
GPIO - General-purpose input/output;
ADC - Analog-to-digital converter;
CAN - Controller Area Network;
RTC - Real Time Clock;
SRAM - Static random access memory;
УФ – Ультрафіолет;

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

На сьогоднішній день чимало міжнародних компаній створили свої варіанти робочих окулярів з різними видами виводу зображення (призми, напівпрозорі екрани) або з іншим типом інформування користувача. Майже усі компанії поставили пріоритет на розвагу користувачів і зробили надто коштовні гарнітури, додав до приладів функцію запису відео, але не розширили функціональні можливості таких окулярів. Україна не має представництв компаній-виробників окулярів, а самі окуляри надто недоступні за ціною.

Мета дипломного проекту - створення власної оптичної системи із більш доступних компонентів, з меншою собівартістю, яка може бути корисна не тільки у сфері розваг, але й у виробництві, будівельній та транспортній сферах.

Оптична система (гарнітура) - це прилад, який розташовується біля правої скроні на рівні очей та допомагає у реальному часі контролювати показання приладів, якими користується людина. Наприклад, вимірювати рівень шуму, температуру, вологість або забрудненість повітря, рівні отруйних газів у повітрі, виводити текстові сповіщення від месенджерів або телефону тощо. Зручність гарнітури в тому, що інформування користувача проходить за допомогою виводу бігучого рядка або статичного зображення на маленький екран прямо перед оком користувача. Це значно полегшує процес роботи з приладами та дає додаткові можливості для спеціаліста.

Проект може застосовуватись у будь яких галузях виробництва, де застосовуються електронні прилади вимірювання або контролю. Оптична система дасть можливість постійно контролювати необхідні показники приладів, що значно підвищить швидкість роботи та зменшить кількість нещасних випадків на виробництві.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Ще одна сфера застосування оптичної системи – індустрія розваг та дозвілля. Змінивши розмір та дизайн гарнітури, можна пристосувати її для потреб професійних гравців у кіберспорті, що наразі є актуальним питанням.

Оптичну систему можна успішно застосувати у медицині, а саме у хірургії. Під час операції лікарям необхідно постійно стежити за життєвими показниками пацієнта, контролювати рівень кисню в організмі, пульс, тиск тощо. Якщо ця інформація буде постійно оновлюватися на екрані оптичної системи лікаря-хірурга, це дасть змогу більш ефективно проводити операцію та знизить рівень помилок через нестачу інформації про стан пацієнта.

І остання, але, найбільш важлива сфера застосування оптичних систем – військова справа. У будь-якому роду військ знайдеться застосування для оптичної системи. Велика кількість інформації, розрахунків, оперативне отримання останніх даних, зв'язок із підрозділами, обмін відео- та аудіо файлами – усе це є запорукою успішного завершення тактичного завдання. Армія, оснащена по останньому слову техніки – запорука мирного життя.

Розвиток проекту пропонує інтеграцію гарнітури зі смартфоном, що дасть змогу отримувати сповіщення не відволікаючись на перевірку телефону. Запропонована технологія – це доповнення реальності, яке змінює уявлення про сприйняття інформації.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ I. Вибір і обґрунтування оптимальності технічних рішень або теоретичних та експериментальних методів досліджень поставлених задач.

1.1 Гарнітура Google Glass

При роботі з різними приладами, машинами і системами фахівець отримує необхідну зорову інформацію з датчиків, екранів і індикаторів приладів, які не згруповані в одну систему. В процесі роботи фахівець змушений контролювати відразу кілька важливих аспектів: стан своїх рук і інструментів, а також показання приладів, що розсіює його увагу і знижує ефективність праці. Так само це може призвести до нещасних випадків на виробництві.

Завдання полягає в тому, що б побудувати мобільну, компактну оптичну систему, зі зручним виведенням інформації на екран перед очима.



Рис. 1.1. Гарнітура Google Glass компанії Google

Компанія Google в 2012 році надала розробку компактної оптичної системи - гарнітуру Google Glass (Рис. 1.1). Мініатюрна гарнітура закріплюється на голові, справа над правим оком людини і складається з камери, яка здатна записувати відеоряд у високій якості. Для виведення зображення гарнітура використовує призму, яка виводить зображення прямо перед очима на малій площі, не перекриває огляд.

Перевагами нового аксесуара стали бренд, малі габарити, дизайн, повна синхронізація зі смартфонами на базі Android і IOS і можливість знімання камерою 5 тріх фото і відео. Звук передається не динаміком, а вібрацією в кістку голови, не дозволяє підслуховувати звукову інформацію, яка надходить користувачеві.

Головними недоліками стали ціна в \$ 1500 і готові знімки з вбудованої камери, які в більшій частині світу прирівнюються до шпигунства. Згідно з конвенцією «Про захист прав людини і основних свобод» (частина 1 стаття 8) [1] законодавчо закріплено за кожною людиною право на повагу до свого приватного і сімейного життя. Велика кількість користувачів мережі вважають, що функція знімання фото і відео порушують права на приватність життя. В березні 2013 року один бізнесмен офіційно заборонив присутність на території свого підприємства на підставі вище згаданого закону.

Однак, незважаючи на суперечки щодо законності очок, прототип гарнітури був представлений на подію Glass Foundry в лютому 2013 року і вже 15 травня 2014 надійшла в продаж, залишивши високу ціну в \$ 1500.[3].

1.2 Гарнітура Smart Eyeglass

Компанія Sony на виставці у Барселоні Mobile World Congress [4] представила свій прототип smart-окулярів на заміну Google Glass, а саме SmartEyeglass (Рис. 1.2). Пристрій виконаний у вигляді сонцезахисних окулярів з інформаційним екраном, розміщеним перед очима користувача. Інформація

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	9
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

виводиться перед очима на біноккулярному прозорому екрані, який використовується замість лінз.

Розробники компанії Sony заявляють, що необхідна інформація розташовується на тій відстані від очей, яке робить її перегляд максимально комфортним і очі при цьому не втомлюються.

Додаткова зручність цих окулярів полягає в тому, що в окулярах вбудовані такі корисні пристрої: камера, сенсори яскравості, гіроскоп, акселерометр, компас, мікрофон. Гарнітура підключається до телефону користувача за допомогою технології Wi-Fi або Bluetooth.



Рис. 1.2. Гарнітура SmartEyeglass компанії Sony

Доповненням до окулярів є сенсорний пульт, який компанія надає у комплекті з гарнітурою. За допомогою точпаду виконується навігація у меню, керування живленням, та взаємодія із камерою. Ціна окулярів складає 700\$ і

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
						10
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутність камери слугує перевагою, якщо розглянути політичні проблеми які зустріли покупці Google Glass.

1.3 Гарнітура Jet Glasses

Компанія Recon представила окуляри створені для для спортсменів відомі як Jet Glasses (Рис. 1.3). Раніше компанія створювала дисплеї спортсменів лижного спорту, любителів сноубордів, для яких гарнітура представляла окуляри у які монтуються дисплеї. Зараз компанія розробила продукт, як аналог Google Glass, але з пріоритетом на велосипедистів, бігунів, та інших спортсменів яким буде важливі параметри швидкості, висоти, відстані, тощо. Гарнітура розрахована на інтеграцію зі спортивними браслетами, моніторами життєвих показань та інших датчиків стану тіла. При синхронізації зі смартфоном гарнітура може повідомляти про вхідні повідомлення або дзвінки. Підключатись до інтернету гарнітура отримує потрібну інформацію.



Рис. 1.3. Гарнітура Jet Glasses компанії Recon

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	11
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Jet використовує двохядерний процесор і має гіроскоп, магнітометр, а також термометр. Гарнітура має вбудований мікрофон, динамік для контролю системи [5]. Вартість продажу гарнітури 599 USD.

1.4 Гарнітура GlassUp

Стартап GlassUp (Рис. 1.4.) - це розумні окуляри із зовсім іншим принципом роботи, який відрізняється від попередників. GlassUp – це не тільки вивід зображення на дисплей чи призму перед очима користувача. Гарнітура проектує зображення на праве скло (лінзу) окулярів. Роздільна здатність такого зображення складає 320 x 240 пікселів та накладається прямо на краєвид перед очима, що дає змогу спостерігати без необхідності дивитися в сторону (Реалізація від Google). Компанія GlassUp єдина, хто орієнтує свій винахід не тільки для сфери розваг та медіа.



Рис. 1.4. Гарнітура GlassUp компанії-стартапу GlassUp.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
						12
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Інші гарнітури

Комплексне рішення для потреб виробництва були представлені у гарнітурі GLASSUP F4 (Рис.1.5) і ціна такого рішення складає €2000, що робить гарнітуру занадто дорогою для широкого застосування.

Перераховані вище чотири пристрої не є єдиними представниками списку всіх конкуруючих приладів з гарнітурою Google Glass. Слід згадати про тих, які в даний момент знаходяться в різних стадіях готовності: Meta AR Smart Glasses, Pivothead Smart Glasses, Samsung Smart Glasses, Tobii Glasses 2, ION Smart Glasses.



Рис. 1.5. Гарнітура GLASSUP F4 компанії GlassUp.

Окремо згадаю EmoPulse nanoGlass-4 (Рис. 1.6), вартість яких при розміщенні в Indiegogo була заявлена на рівні 25 USD. Гарнітура EmoPulse nanoGlass-4 представляє собою мініатюрний блок з оптичним волокном, що кріпиться на дужках окулярів. Блок виконаний у водонепроникному корпусі і ніяк не заважає користувачеві або оточуючим. Коли на підключений телефон приходить повідомлення - блок за допомогою світлодіода та оптичного волокна

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

проводить до 3-х коротких різнокольорових сигналів, щоб попередити користувача про надходження на телефон повідомлення. Це принципово інший тип виводу інформації, що застосовує такий перспективний напрямок, як оптоволоконний зв'язок. У майбутньому, при умовах доробки цього винаходу, можна буде значно розширити його функціонал.

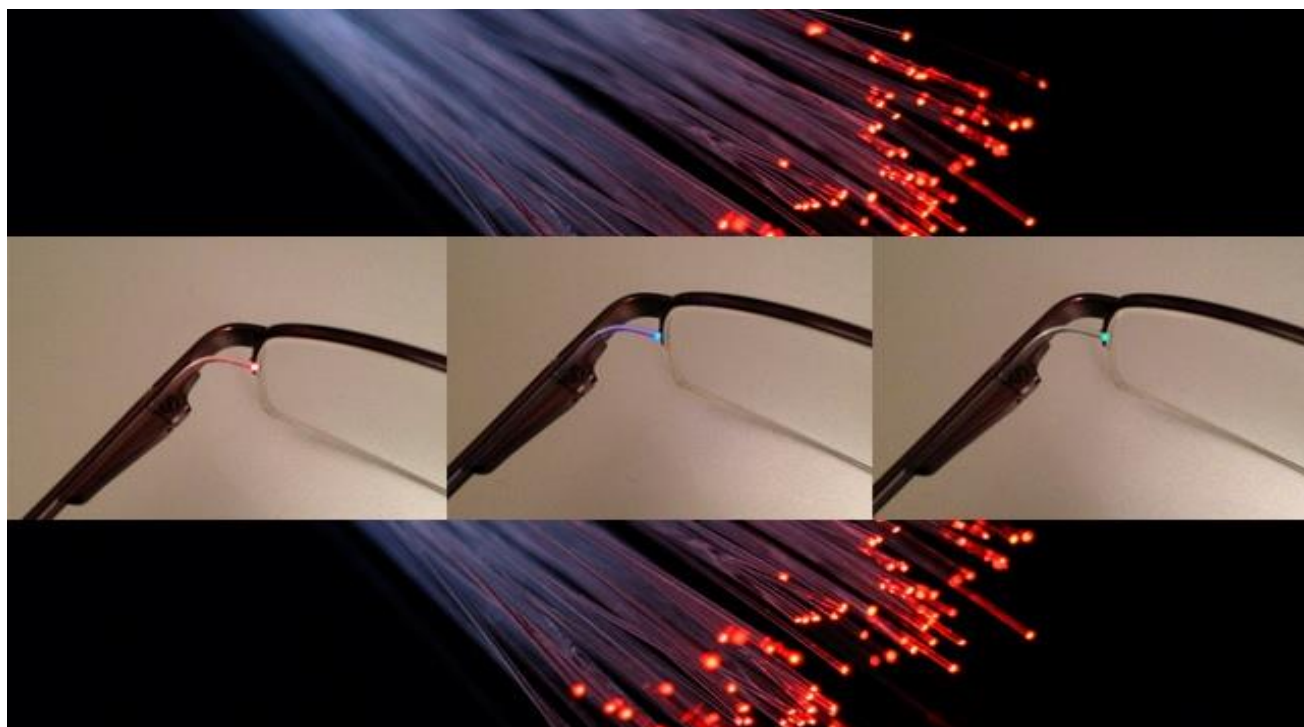


Рис. 1.6. EmoPulse nanoGlass-4

1.6 Технологія VR

Окремої уваги варта VR-технологія, яка за останнє десятиліття отримала велику популярність і стала монополістом у сфері розваг та комп'ютерних симуляцій. Сьогодні більше 200 тисяч фірм-розробників створюють програмне забезпечення для VR-світів та відповідний VR-режим для існуючих програмних засобів.

За допомогою VR-технології створюється штучна реальність, що досить якісно відтворює звуки, зображення і цим самим вводять в оману мозок. Але, сучасний рівень технологій не дозволяє обдурити вестибулярний апарат, тому

людина не може довгий час працювати у VR-шоломі. Такі шоломи імітують політ, але мозок розуміє, що він цього не відчуває усіма системами, що при тривалому користуванні призводить до сильного головного болю.

Здорову переконливість у реальності подій, що відбуваються, надає режим реального часу. Зорова імітація створюється завдяки використанню шоломів віртуальної реальності, які здебільше представляють собою окуляри (Рис. 1.7) з розташованими перед очима екранами. У якості екрану виступає дисплей, або телефон (Рис. 1.8), який можна вкласти у відведене місце та за допомогою спеціальних програм роздвоїти зображення та телефоні і за допомогою вбудованих гіроскопів у телефоні відслідковувати рухи голови користувача та динамічно змінювати зображення шолома.

VR - це не тільки перегляд відео, віртуальні подорожі по планеті та по фантастичним штучним всесвітам, але насамперед технологія симуляцій бойових дій, дистанційне керування технікою, симуляції навчання, які отримали популярність у військових (Рис. 1.9).



Рис. 1.7 – Шолом віртуальної реальності компанії HTC

У 2012 році фахівці армії США запропонували використання VR-технології для тренування армії. Тренування створюють ситуації максимально наближені до реальних подій. Під час занурення у імітований всесвіт солдат втрачає грань між реальністю та штучним світом і переживає справжні емоції. Ціль тренувань прибрати у солдат страх перед війною, обстрілами, втратами, та іншими жорстокостями війни. Натреновані в VR солдати, мають значно менші шанси отримати психологічні травми після реального бою. У віртуальній реальності тренування проходять усі сухопутні та повітряні війська. Небезпечні ситуації відпрацьовуються безпечно для життя солдатів.



Рис. 1.8 – Шолом віртуальної реальності з використанням смартфона.

У віртуальному бою імітуються перешкоди зв'язку, різні частини піддаються атаці і час на прийняття рішень дуже обмежений. Відпрацювання штучних VR боїв дозволяє на практиці швидко оперуючи тими даними, які є приймати правильні рішення на основі бойових симуляцій. Один з розвитків армії та проекційних технологій – використання доповненої реальності та цифрових прицілів. Солдат може стріляти не висовуючись з укриттів

Не менш важливе застосування VR-технології у медицині. Просування VR-технологій в хірургії перспективно з очевидних причин: ні в якій іншій галузі медицини візуалізація дій лікаря не грає настільки важливу роль. Будь-яке помилкова дія хірурга може стати фатальною. Володіючи тривимірної інформацією про пацієнта (такі відомості дає томографія, тривимірні дані рентгенівських апаратів і УЗД), лікарі можуть створювати інтерактивні моделі, які прогнозують наслідки хірургічного або лікарського втручання в організм людини. Застосувань безліч, наприклад онлайн-трансляції операцій, які допоможуть молодим хірургам спостерігати за операцією більш кваліфікованих фахівців (Рис. 1.10), та задавати питання у онлайн режимі, а хірург бачитиме питання у текстовому вигляді в окулярах і зможе усно відповісти, що дає великі перспективи у сфері навчання і не тільки у медицині.



Рис. 1.9. – Тренування військових у VR шоломах.

Технології доповненої реальності допомагають хірургам в режимі реального часу отримати всю інформацію про клінічній картині оперованого людини.

Фахівці з Університету Дьюка (Північна Кароліна, США) спроектували окуляри доповненої реальності Hololense, завдяки яким хірург зможе побачити 3D-картину мозку пацієнта. Окуляри накладають дані комп'ютерної томографії на голову пацієнта, і лікар може бачити в режимі реального часу, де знаходиться його інструмент.



Рис. 1.10 – Хірургічні окуляри віртуальної реальності.

Низька популярність системам доповненої реальності, таких як Google Glass серед звичайних користувачів замовлена ціною не доступністю та малими можливостями в порівнянні з VR. Наведені вище гарнітури або окуляри, всі без виключення, мають дуже високу ціну \$600-1500 (GLASSUP F4

– 2000 EUR). Підвищує ціну гарнітур наявність камер, карт пам'яті та інших технічних рішень для запису наживу відео якістю 1080p або 720p, мікромеханічних гіроскопів та акселерометрів, складних призм та корпусів. Більшість технічних рішень не використовуються, тому що користувачеві здебільше потрібно лише вивід зображення перед очима, а камери та інші технічні потреби, такі як GPS користувачі задовольняють за допомогою смартфонів. Закриті корпуси, складні технологічні процеси виготовлення гарнітур, секретність креслень та електричних схем, роблять неможливою їх модифікацію, а прив'язка більшості гарнітури до власних окулярів робить гарнітури не універсальними.

Метою диплому є створення нової гарнітури, яка не матиме недоліку у ціні виготовлення та ринковій реалізації (наприклад, за рахунок відсутності камер та інших записуючих засобів, які піднімуть вартість гарнітури). Також у поставлених задачах - невеликі габарити, компактна система виведення зображення та можливість зчитування та виводу на екран різноманітної інформації з різних джерел, таких як Wi-Fi або Bluetooth v3.0.

Якщо визначити виробництво, як основну галузь застосування гарнітури, то треба згадати про охорону труда, яка має виключну потребу у оптичних системах виводу інформації. У країнах СНД за рік відбувається приблизно 11 000 нещасних випадків або випадків зі смертельними наслідками. А шкідливі речовини у повітрі є причиною 651 279 смертей на рік [6]. Для вирішення цієї проблеми потрібно своєчасно знаходити шкідливі речовини у повітрі та попереджувати оператора. Окуляри розташовані в районі голови біля дихальних шляхів і наявність датчиків шкідливих речовин може запобігти великій кількості нещасних випадків.

1.7 Можливості робочих окулярів з проєкційним екраном.

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	19
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

оргстекла. Інформація поступає з внутрішніх датчиків або датчиків, які дистанційно передають інформацію за допомогою модулів зв'язку WiFi або Bluetooth. Збрана корисна інформація може представляти собою стани логічних каналів (є сигнал або немає сигналу), каналів серво- та інших двигунів, каналів приводів, каналів датчиків. Гарнітура автоматизовано збирає інформацію та автоматично аналізує дані на предмет порушення певних режимів роботи каналів, відхилення показань датчиків від норми тощо. При роботі з датчиками без гарнітури оператору потрібно постійно переміщуватися між ними, та витрачати час на замірювання та запис. Гарнітура робить це автоматично, що економить час працівника.

Датчики не є дорогим розвитком проекту. Наприклад, датчик вологості повітря DHT22 (Рис. 1.11.) коштує лише 3\$ та має діапазон вимірювання температур від -40°C до 80°C з точністю +/- 0.5°C. Технічні характеристики датчику дають змогу доволі точно вимірювати температуру та вологість повітря у діапазоні вимірювання від 20% RH до 90% RH з точністю +/- 2%. Багато технологічних процесів виробництва потребують витримки певного діапазону температури та вологості повітря і датчик DHT22 може з легкістю виконувати поставлену задачу.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
						20
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.11 – Датчик вологості та температури повітря.

Датчики газів MQ-2 – MQ-9, MQ-135 (Рис. 1.12.) представляють собою аналогові вимірювачі концентрації газів, таких як озон, горючого газу і диму, природний газ і метан, пропану, ізобутан, коксовий газ, зріджених вуглеводневих газів (LPG), вміст у повітрі водню. Вартість датчиків від \$0.87 до \$1.26, що збільшить функціонал гарнітури без суттєвого підвищення вартості проекту, але це не єдина можливість розвитку проекту.



Рис. 1.12. – Зовнішній вигляд датчиків газу

Одним із головних використань гарнітури - створення динамічної системи виміру показань вбудованими у гарнітуру датчиками (Рис. 1.13.). На підприємстві або при дослідженні на місцевості потрібно постійно слідкувати за температурою, рівнями газів, вологістю та іншими показаннями. Зазвичай вимірювальні прилади компактні, але їх замало і для виміру великої площі потрібно витратити чимало часу. Протягування сигнальних дротів та забезпечення живлення закріплених датчиків теж не завжди є зручними. Гарнітура може у реальному часі передавати інформацію з різних ділянок зони вимірювання. Використання декількох гарнітур одночасно може об'єднуватись з іншими гарнітурами у систему, яка буде реєструвати данні від різних користувачів (Рис. 2.1 (1)) до єдиної системи обчислення та аналізу (Рис. 2.1 (3)), яка може бути представлена у вигляді ПК, Ноутбуку або смартфона.

Для цього достатньо обчислювальній системі з певним інтервалом опитувати гарнітури користувачів, що не завадить роботі користувачів з гарнітурою.

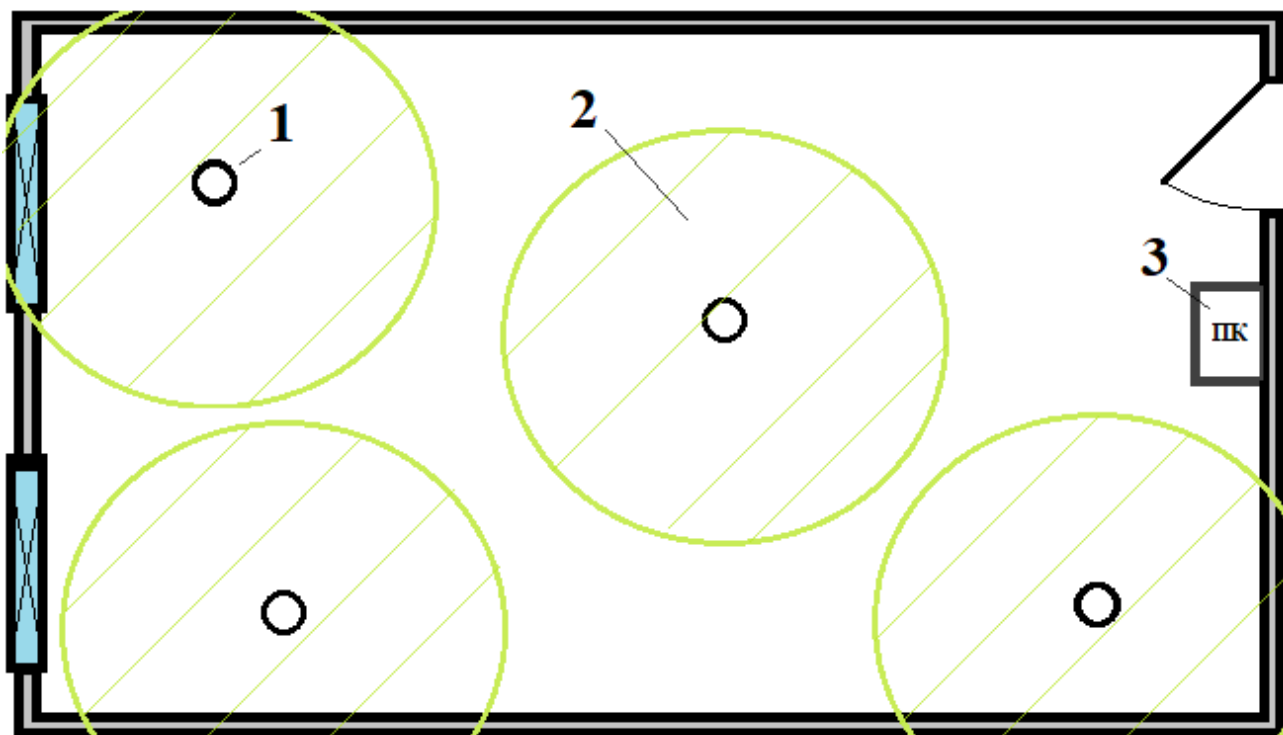


Рис. 1.13 – Кімната з покриттям датчиками гарнітури; 1 – користувач; 2 – Зона вимірювання датчиками; 3 – система збору та аналізу даних.

При використанні бездротових технологій ми можемо відслідковувати відстань між гарнітурами або від обчислювальної системи до гарнітури (Рис. 1.14). Для цього потрібно відправити пакет даних з гарнітури А та ввімкнути таймер мікроконтролеру. Далі, у протязі певного часу, мікроконтролер чекає на відповідь гарнітури, на яку відправив сигнал. Коли гарнітури Б та В отримали пакет даних, вони відсилають попередньо сформовані пакети з даними назад до гарнітури А і мікроконтролер вимикає таймер і починає підрахунок часу за який пакет даних був відправлений і прийнятий назад. Для обчислення відстані до об'єкту використаємо наступну формулу:

$$l = (t - t_{mc})v, \text{ де} \quad (1.1)$$

l – відстань між гарнітурами, м; t – час проходження сигналу в обидві сторони, с; t_{mc} - час витрачений мікроконтролером на формування та відправку даних з

гарнітури отримувача пакету даних, с; v – швидкість поширення радіохвиль, м/с.

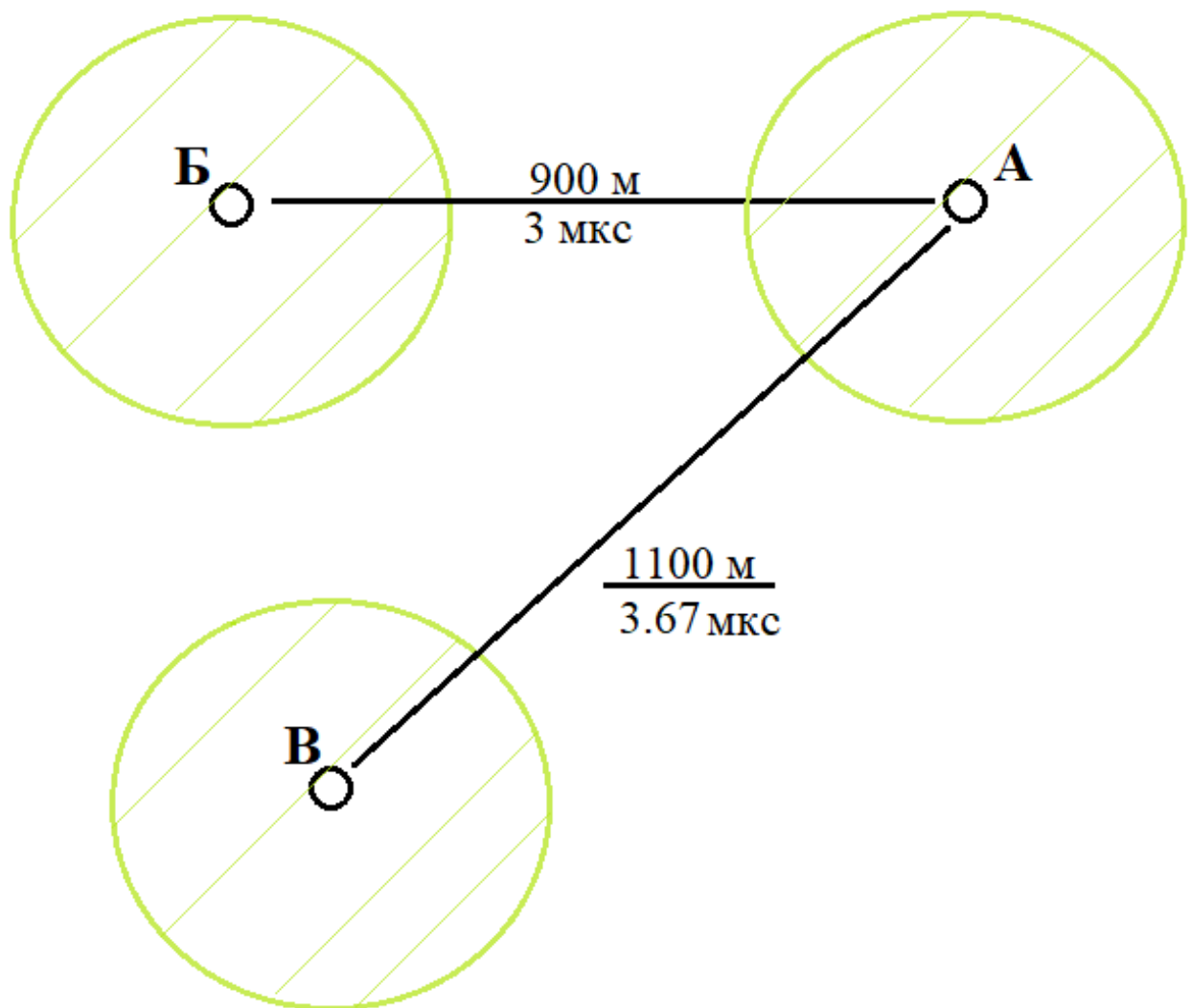


Рис. 1.14 – Відстань між гарнітурами та час надходження пакету даних в одну сторону.

Важливою особливістю радіохвилі – постійна швидкість розповсюдження у однорідній масі. Швидкість розповсюдження c - радіохвиль у вакуумі постійна і дорівнює 300 000 км/с[8]. У просторі, заповненому речовиною, швидкість розповсюдження v зменшується. Визначається вона відносною діелектричної проникності ϵ і магнітної проникності μ речовини:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

Швидкість розповсюдження радіохвиль у повітряному просторі на відстані, рівної 2-3 довжинам хвилі, дорівнює 300 000 км/с. Для подальших розрахунків потрібно визначити довжину хвилі Wi-Fi.

Таблиця 1.1 – Види радіохвиль

Буквені позначення діапазону	Назва хвиль. Назва частот	Діапазон частот	Діапазон довжини хвилі
ОНЧ (VLF)	Міріаметрові. Дуже низькі	3-30 кГц	100-10 км
НЧ (LF)	Кілометрові. Низькі.	30-300 кГц	10-1 км
СЧ (MF)	Гектометрові. Середні.	300-3000 кГц	1-0.1 км
ВЧ (HF)	Декаметрового. Високі.	3-30 МГц	100-10 м
ДВЧ (VHF)	Метрові. Дуже високі.	30-300 МГц	10-1 м
УВЧ (UHF)	Дециметрові. Ультрависокі.	300-3000 МГц	1-0.1 м
СВЧ (SHF)	Сантиметрові. Надвисокі.	3-30 ГГц	10-1 см
КВЧ (EHF)	міліметрові. Вкрай високі.	30-300 ГГц	10-1 мм
THF	Дециметрові. Гіпервисокі.	300-3000 ГГц	1-0.1 мм

Бездротовий зв'язок Wi-Fi працює дециметрові і сантиметрові хвилі ультрависокої та надвисокої частот (УВЧ і СВЧ) у частотних діапазонах 2.4 ГГц, 5 ГГц та частот, які дуже рідко використовуються, а саме 900 МГц, 3.6 ГГц, 10 ГГц, 24ГГц.

Знаючи частоти, на яких працює Wi-Fi можна розрахувати довжини хвиль для частот 2.4 ГГц та 5 ГГц. Формула для визначення довжини хвилі наступна:

$$l_w = \frac{v_s}{f}, \text{ де} \quad (1.2)$$

l_w – довжина хвилі, м; v_s – швидкість світла, м/с; f - частота сигналу, Гц.

Швидкість світла $v_s = 300\,000\,000$ м/с, тоді формула 1.2 має вигляд:

$$l_w = \frac{300}{f}, \text{ де} \quad (1.3)$$

f - частота сигналу, МГц.

Розрахуємо довжини хвиль для $f = 2.4$ ГГц та $f = 5$ ГГц використовуючи формулу 1.3:

$$l_{w2.4} = \frac{300}{f_{2.4}} = \frac{300}{2400} = 0.125\text{м} = 12.5\text{см}$$

$$l_{w5} = \frac{300}{f_5} = \frac{300}{5000} = 0.06\text{м} = 6\text{см}$$

Довжина хвилі повинна перевищувати висоту до землі у 2-3 рази, це 25-37.5 см від землі для 2.4 ГГц та 10-15 см для 5 ГГц. Гарнітура розміщуються на голові, що виконує попередню умову, тоді формула 1.1 має вигляд

$$l = (t - t_{mc}) 3 * 10^8 \quad (1.4)$$

З формули 1.4 час проходження сигналу становить:

$$t = \frac{l}{3 \cdot 10^8}$$

Згідно Рис. 1.14 відстань між гарнітурою А та гарнітурою Б складає 900м, час затримки t_{mc} в 0с, тоді згідно формули 1.4 час на проходження відстані між гарнітурами складає:

$$t_{AB} = \frac{900}{3 \cdot 10^8} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 3 \text{ мкс}$$

Таймер мікроконтролеру рахує час, тобто отриманий час потрібно подвоїти. Час надходження сигналу при відстані 1м складає:

$$t_{1m} = \frac{1}{3 \cdot 10^8} = 3.3 \cdot 10^{-9} \text{ с} = 0.0033 \text{ мкс} = 3,3 \text{ нс}$$

Система збору та аналізу даних (Рис. 1.13 (3)), використовуючи бездротову технологію Wi-Fi, може доволі швидко реагувати на зміни вимірюваної величини та дуже точно передавати інформацію на великі відстані. Низька затримка у передачі даних дає змогу створювати системи зворотнього зв'язку, які будуть реагувати на показання гарнітури. Мінімальна відстань, яку зможе підрахувати МК на пряму залежить від частоти роботи процесору МК.

Використання цифрового компасу та Wi-Fi, який визначатиме відстані між гарнітурами дає можливість навігації між користувачами. Навігація дає змогу створювати карти замірів. Знаючи напрямки між гарнітурами та відстань до користувача ми можемо точно сказати де відносно нас були отримані ті, або інші дані і наносити виміри на мапу. Використання лише компасу і одного модуля Wi-Fi не дають змогу позиціонувати себе на планеті. Для точного позиціонування гарнітури (не лише відносно один одного, а також відносно карти), потрібно використовувати модулі GPS, а за допомогою Wi-Fi уточнювати відстань до гарнітурами. Модуль GPS NEO6MV2 (Рис. 1.16)

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	27
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

коштує \$2.57 і дає змогу не тільки точно визначати координати області виміру, а й відслідковувати переміщення працівників у реальному часі. Позиціонування дає змогу створювати карти вимірювання (Рис. 1.15). При створенні додатку на базі OS Android телефон може зберігати виміри з гарнітури на карті або формувати таблицю де виміри прив'язуються до координат GPS модуля.



Рис. 1.15 – Приклад виміру відстані та показань на мапі



Рис. 1.16 – Інтегральна мікросхема GPS NEO6MV2

Впровадження робочих окулярів з проекційним екраном підвищить швидкість роботи фахівця, знизить час виконання операцій і підвищить концентрацію. Можливість підключення бездротових передавачів дозволяють зробити окуляри автономними, компактними, прибрати дроти і зчитувати інформацію від приладів за допомогою Bluetooth або Wi-Fi на великих відстанях.

Більшість проектних рішень були спрямовані на доступність та універсальність приладу. Ціль проекту охопити більшість працівників галузей виробництва. Якщо проект буде дорогим, складним або не універсальним, то його застосування буде поодиноким та не вплине на загальну швидкість, якість та найголовніше – безпеку праці.

РОЗДІЛ II. Розробка макету робочих окулярів з проекційним екраном.

2.1 Вимоги до проекту

Гарнітура повинна мати:

- канал керування дисплеєм;
- оптичну систему, яка виводить зображення перед очима;
- живлення від мережі з резервним акумулятором;
- канал статусу живлення;
- канал підключення датчику;
- елемент керування по датчику
- елемент керування по статусу живлення
- елемент керування по кнопці.
- корпус

Основними вимогами до окулярів з проекційним екраном є вивід зображення перед очима з гарною роздільною здатністю, яскраве, контрастне зображення для можливості роботи в умовах денного сонячного освітлення.

2.2 Вибір елементної бази

2.2.1 Вибір дисплею

Дисплей гарнітури має бути контрастним та яскравим, бажано має мати гарну енергоефективність та невелику вартість. У якості дисплея будемо розглядати дисплеї, які використовуються у малих приладах і телефонах, а саме дисплеї виготовлені за технологіями OLED, STN LCD, VFD.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
						30
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Характеристики дисплеїв OLED, STN LCD, VFD

Технологія виготовлення дисплею		OLED	STN LCD	VFD
Параметри дисплею, рх		16x2	16x2	16x2
Вага, г		22	34	35-130
Товщина (з компонентом)		6.90	12.0	14.44
Кут огляду, °		175	60	160
Контрастність		> 2000:1	10:1	1000:1
Розмір пікселю,мм		0.02 x 0.02	0.05 x 0.05	0.02-0.05 x 0.02-0.05
Потужність споживання, mW		200	500	680
Швидкість роботи, с	При t +25°C	0.00001	0.3	0.00001
	При t -25°C	0.00001	10	0.00001
Робоча температура		-40 ~ +80	-20 ~ +70	-40 ~ +80
Робоча напруга, V		3-5	3 or 5	35
Час роботи, год		50 000 – 100 000	30 000 – 50 000	30 000
Вартість, \$		1.67	1.28	15

Проаналізувавши данні Табл. 2.1 у проекті буде використовуватись дисплей виготовлений по технології OLED, тому що OLED має найкращі характеристики з представлених у таблиці при заявленій вартості \$1.67, а саме контрастність і яскравість, від яких залежить чіткість кінцевого зображення в оптичній системі. Це зумовлено тим, що у кожного оптичного елемента є свої

показники розсіювання та відбиття світла при низькій яскравості.

Система повинна працювати вдень - це одна із причин виникнення потреби в яскравому випромінюванні світла. Енергоефективність не менш важливий параметр. Живлення дисплею встановлює габарити приладу та способи керування і взаємодії. OLED-дисплей живиться не від сталого значення, а від діапазону напруг, це полегшить розробку системи живлення. Наявність діапазону живлення дає змогу підключити 3.7V від акумулятора. Напруга на акумуляторі з часом зменшиться до 3V, на які розрахований дисплей. Час відгуку дозволяє збільшувати кількість кадрів в секунду для виведення анімаційних зображень. Екран підтримує частоту оновлення кадрів 100 КГц, що дозволить використовувати широко імпульсну модуляцію (ШИМ) на частоті 50 КГц.

Гарнітура має компактні розміри тому дисплей повинен бути малих розмірів. На вибір є дисплеї 128x32 px (Рис. 2.1) без МК керування за \$1.35, є моделі з вбудованими МК керування розташованими на платі разом з екраном (Рис. 2.2) вартістю \$1.67.



Рис. 2.1 – OLED дисплей з шиною керування



Рис. 2.2 – OLED дисплей з платою керування

Використання плати керування спрощує взаємодію з OLED дисплеєм, але плата має більші габарити ніж сам дисплей і це збільшить розміри корпусу. Якщо дисплей повинен на одному екрані розміщувати декілька показників, то витягнутий дисплей не підходить, тому що буде потреба постійно прокручувати інформацію, що суперечить принципу проекту, а саме економії часу. Популярні моделі мають низьку вартість через масове виробництво. Такою моделлю є OLED 0.96" 128x64 px (Рис. 2.3).



Рис. 2.3 - OLED дисплей з шиною керування 30 pins

У проекті багато каналів керування і використання 30 контактів МК обмежує можливості розвитку приладу. Дана модель (Рис. 2.4) має плату керування протоколом зв'язку з нею SPI, на вибір є також I2C, але він має меншу швидкість роботи з контролером дисплею.



Рис. 2.4 – OLED дисплей з платою керування та підключенням по SPI.
Вигляд спереду та заду.

Даний дисплей керується за допомогою комплементарної структури метал-оксид-напівпровідника SSD1306. Це розповсюджений драйвер для органічних світлодіодів PLED або OLED. Драйвер має вбудовані функції керування насиченістю зображення, власну оперативну пам'ять та кварцовий генератор, які допомагають зменшити кількість компонентів, які потрібні для підключення дисплею та зменшують загальні енерговитрати.

Даний дисплей задовольняє вимоги проекту.

2.2.2 Вибір оптичної системи

Оптична система повинна виводити зображення перед очима, але не закривати огляд користувача. Для цього потрібно передати зображення з екрану на напівпрозору поверхню через деяку оптичну систему, але не спотворити

зображення, щоб отримати максимальну читабельність. Розмите зображення ускладнить сприйняття інформації та погіршить зір користувача, що суперечить принципу універсальності та Оптична система повинна бути компактною, щоб не збільшувати габарити приладу.

Проаналізувавши підрозділ 1.1 розділу 1 можна виділити наступні способи для виводу зображення перед очима, а саме:

- Проекція зображення у призму (Рис. 2.5);
- Проекція зображення на лінзу окулярів;
- Проекція зображення на екран;

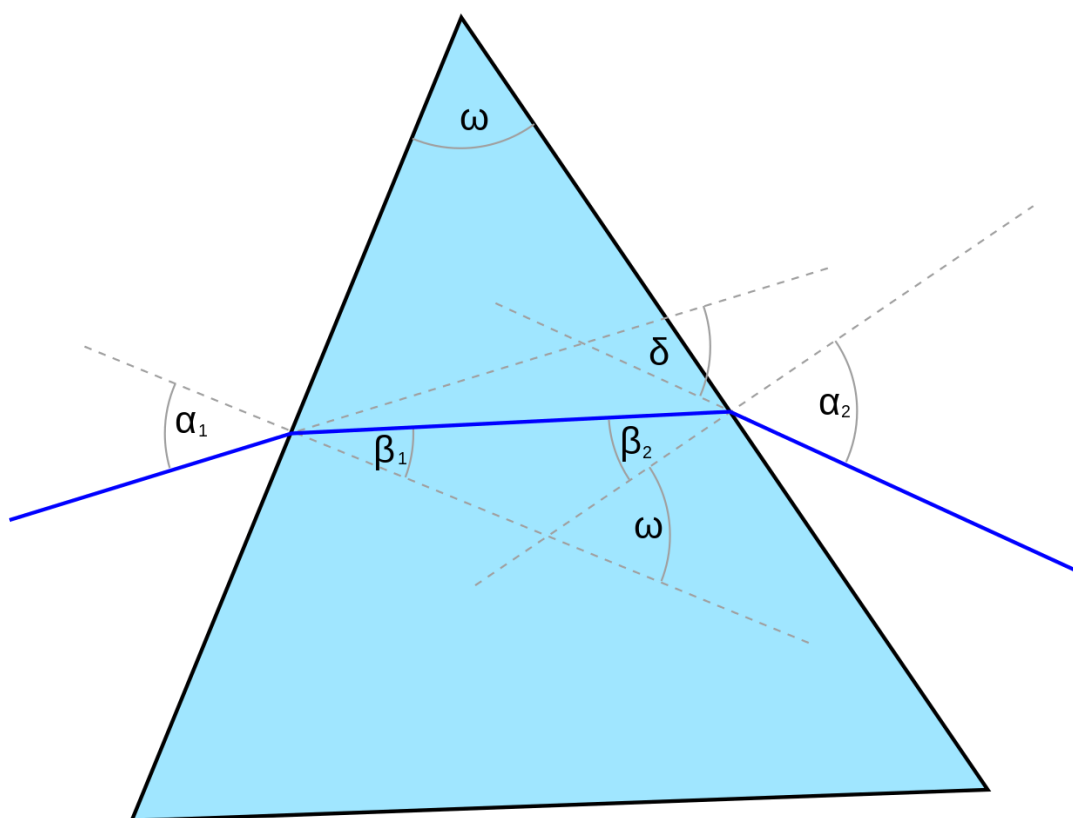


Рис. 2.5. – Шлях променів світла у трикутній призмі

Проекція зображення у призму потребує точного розрахунку параметрів призми та складного процесу її виготовлення, що сильно підвищить собівартість гарнітури, тому цей варіант не підходить. Проекція зображення на лінзу окулярів виключає застосування гарнітури на різних окулярах, а саме повсякденні окуляри, спортивні або захисні, тому у проекті буде проектування зображення на напівпрозорий екран перед очима. Екран дозволяє нескладним технологічним процесом, з мінімальною кількістю та вартістю компонентів, отримати зображення перед очима користувача (Рис. 2.6).

Принцип роботи оптичної системи (Рис. 2.6) наступний: OLED-дисплей (1) отримує інформацію з МК і виводить яскраве монохромне зображення на дзеркало (2), яке відображає зображення на прозорий рефлектор, виконаний з оргскла (3). 1 - OLED-дисплей; 2 - дзеркальна поверхня; 3 - рефлектор; 4 – око людини в окулярах;

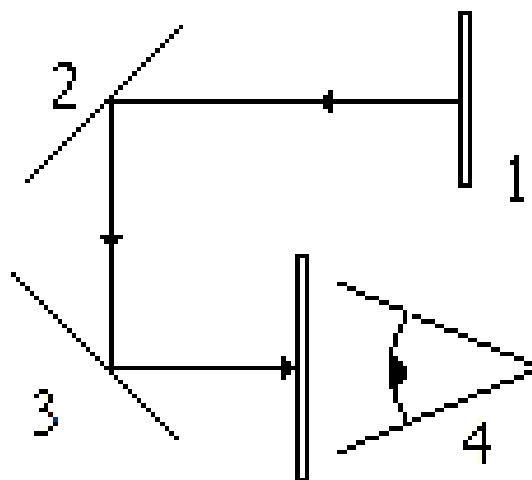


Рис. 2.6. Пристрій оптичної системи

Згідно закону про відбиття світла, якщо відбитий і падаючий промені лежать в площині, що містить перпендикуляр до поверхні, що відбиває в точці падіння, кут падіння дорівнює куту відбиття. Це значить, що система 2.12 має знаходитись в одній площині, а кут між дзеркалом 2 і рефлектором 3 має бути

рівно 90° (Рис.2.7). Найпростішою оптичною ланкою, яка може передавати зображення є плоске дзеркало. Класичне дзеркало це скло, на стінку якого наносять дзеркальне напилення або наклеюють тонку плівку алюмінію, які грає роль дзеркала. Використання скляної основи допомагає досягти ідеально рівної поверхні дзеркала. але у такого дзеркала є свої недоліки.

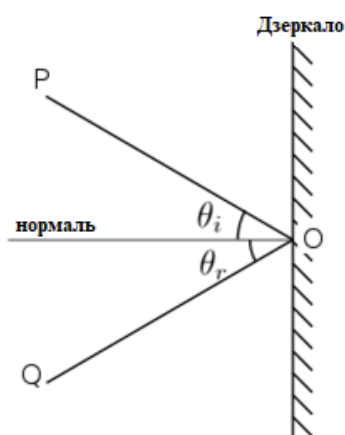


Рис. 2.7 – Кут падіння дорівнює куту відбиття світла

Скло, яке використовують як основу не ідеально прозоре і має свої параметри відбиття світла (Рис. 2.14), тому для ліквідації роздвоєння зображення слід вибрати дзеркало із мінімальною товщиною, щоб відстань між променями 5 та 4 була мінімальна. Якщо створювати власне дзеркало, то слід розташувати дзеркальну поверхню перед склом, тоді промінь світла не буде розділятися на склі, як продемонстровано на малюнку (Рис. 2.8).

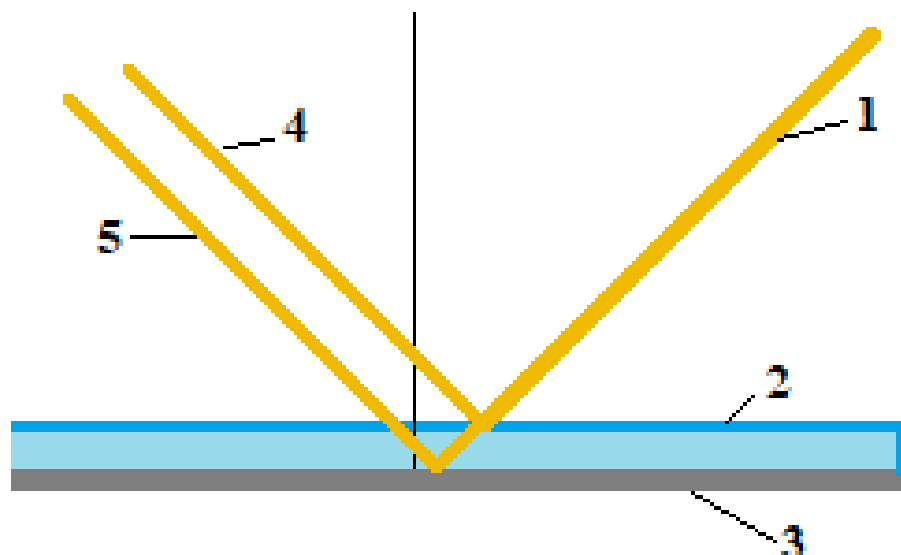


Рис. 2.14 – 1 – вихідний промінь світла; 2 – поверхня скла; 3 – поверхня дзеркала; 4 – промінь світла відбитий склом; 5 – промінь світла відбитий дзеркалом.

Рефлектором може виступати звичайне скло, але воно важке (2490-2520 кг/м³), легко дряпається та б'ється. Тому у проекті буде використовуватись органічне скло. Це прозорий пластик з щільністю 1180 кг/м³ що на 47% легше звичайного скла і має гарну еластичність, що робить його більш стійким до пошкоджень. Так як органічне скло пластик – це дозволяє виготовляти його будь якої товщини. У гарнітурі буде використовуватись оргстекло товщиною 1мм, щоб зменшити подвоєння зображення, бо оргстекло має майже такі ж самі оптичні властивості як звичайне скло.

2.2.3 Вибір елементів керування

Для керування зображенням на дисплеї потрібно розташувати на гарнітурі елемент, за допомогою якого програмно можна переключати меню, режими роботи, калібрувати систему та виконувати інші функції.

Серед най розповсюджених елементів керування малогабаритних приладів та систем є наступні:

- Сенсорні панелі (Рис. 2.9). Завдяки яким можна керувати курсором або робочою областю у 4-х напрямках (вгору, вниз, вліво, направо). Найменша панель у продажу 7-10 дюймів, що у 7-10 разів більше дисплею. Завеликі габарити панелі не дають змогу використовувати її у проекті.

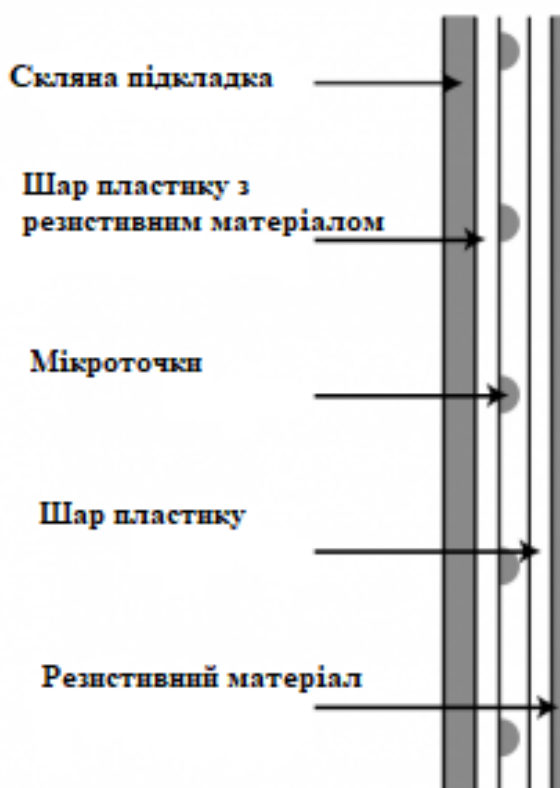


Рис. 2.9 – Будова резистивної сенсорної панелі

- Вимикачі (тумблери) (Рис. 2.10 (а)). Використовуються для розірвання електричного ланцюга, зазвичай знеструмлюється прилад, який під'єднаний до мережі. OLED екран живиться від напруги 5V, споживання надто мале, щоб використовувати громіздкі тумблери.

- Джойстик (Рис. 2.10 (б)) зручний в користуванні та навігації в меню, він має змогу керування у 4-х напрямках, а також має функцію кнопки при натисканні. Габарити джойстику занадто великі для проекту.

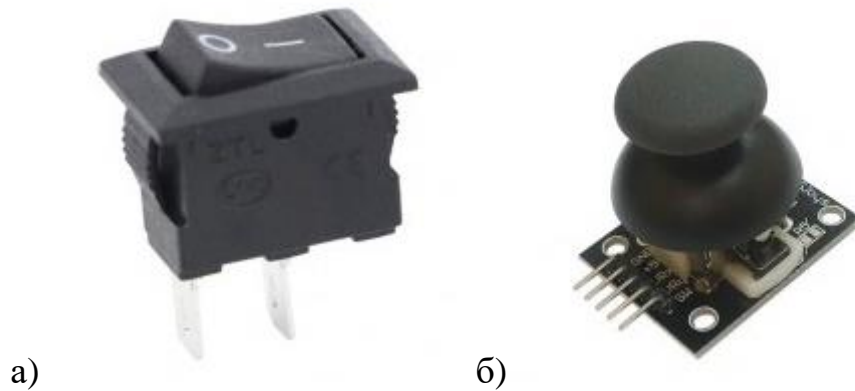


Рис. 2.10 – а) – Тумблер; Б) – Джойстик.

Кнопка (Рис. 2.11 (а)) та сенсорна кнопка (Рис. 2.11 (б)). Встановлюються в розрив електричного ланцюгу, а при натисканні на кнопку ланцюг замикається і проходить струм. Кнопки дуже малі, що є суттєвою перевагою. Плата ТТР223 спрацьовує на ємність, якою є палець людини, тому сенсорна кнопка працює при безпосередньому дотику або через діелектричний прошарок(скло, пластик) до 3мм. Використання сенсорної кнопки дасть можливість розмістити її у корпусі з зовні її не буде видно.

Кнопка може програмно мати декілька режимів роботи. Поодинокі натискання, подвійне натискання або утримання. У гарнітурі буде керування за допомогою клавіші, розміщеної у корпусі, яка працюватиме через корпус на дотик.

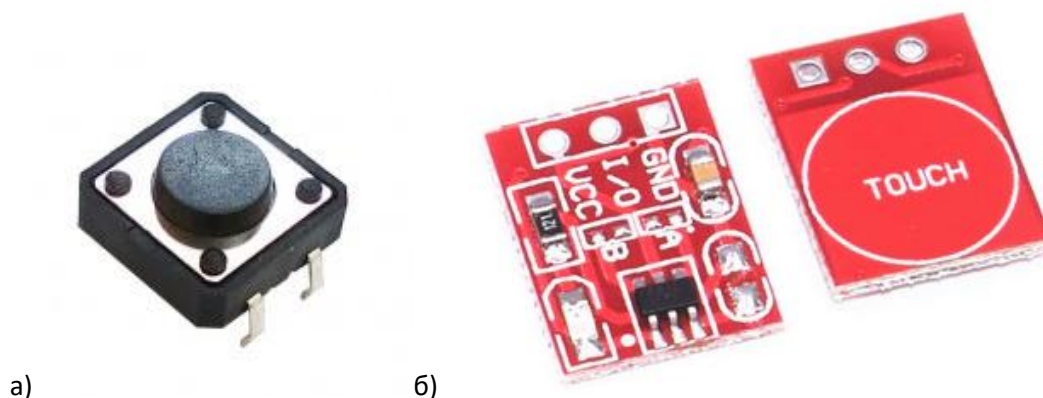


Рис. 2.11 – кнопка розміром 12х12х5 мм ; б) сенсорна кнопка ТТР223 розміром 15х11х2 мм

2.2.4 Вибір елементів живлення

Гарнітура повинна бути легкою, тому розташування акумуляторів великої ємкості на окулярах недоцільно. Живлення потрібно проводити від мережі, але гарнітура повинна бути компактною та не прив'язаною до розетки. Рішенням є використання Power Bank (Рис. 2.12), який є майже у кожного власника смартфона. Ємність Power Bank вистачить на роботу приладу на протязі декількох діб або тижнів.

Напруга Power Bank 5V використовуються у більшості приладів як живлення і як логічний рівень. Тому живлення з Power Bank можна підключити напругу до МК. Живлення контролеру OLED дисплею SSD1306 для логіки від 1.65V до 3.3V, а живлення матриці світло діодів від 3.3V до 4.2V.

Згідно інструкції по експлуатації драйвер має вбудований стабілізатор напруги і толерантний до напруги 5V. Сенсорна панель також живиться від напруги 5V. Використання живлення за допомогою Power Bank має велику вірогідність відключення живлення, що знеструмить гарнітуру через використання дротів та роз'ємного з'єднання.



Рис. 2.12 – Power Bank заряджає 2 смартфони одночасно

Для профілактики короткочасного знеструмлення приладу у плати встановлюються конденсатори або суперконденсатори (іоністор). Робочі окуляри мають занадто великі енерговитрати для використання конденсатору, тому потрібно встановити резервний акумулятор, який буде підтримувати



Рис. 2.13 – Акумулятор li-lion 400 мА/год

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ		Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			42

живлення до відновлення підключення до мережі. Тому в проєкті потрібно встановити резервне джерело живлення, щоб запобігти знеструмленню.

2.2.5 Вибір мікроконтролеру

Проаналізувавши елементну базу гарнітури можна визначити, як виглядатимуть сигнальні канали кожної системи. Для керування каналами потрібно збирати, аналізувати і керувати сигналами. Для цього використовують МК. Обрав певні компоненти можна підрахувати контактів потрібно для підключення усіх систем до МК.

Обраний OLED дисплей має 7 цифрових контактів для роботи 3 драйвером SSD1306 по протоколу SPI. 2 контакти відповідають за живлення драйверу, але вони мають бути об'єднані з ланцюгом живленням МК. Оптична система механічна, а не цифрова і не потребує підключення до МК для роботи. Сенсорна клавіша на базі мікросхеми TTP223 має 3 контакти (2 живлення, 1 логіка). Для керування станом заряду резервного акумулятора потрібно вивести з нього 1 сигнальний дріт для перевірки стану підключення зовнішньої мережі. Датчики температури і вологості, датчики газів та інші цифрові датчики мають 3 контакти (2 живлення і 1 сигнал).

Створивши принципову схему гарнітури (Рис. 2.14) можна побачити, що МК повинен мати щонайменше 13 виводів для підключення зовнішніх пристроїв і 2 для підключення живлення. Зазвичай МК має 1-2 виводи живлення і їх недостатньо для живлення усіх модулів.

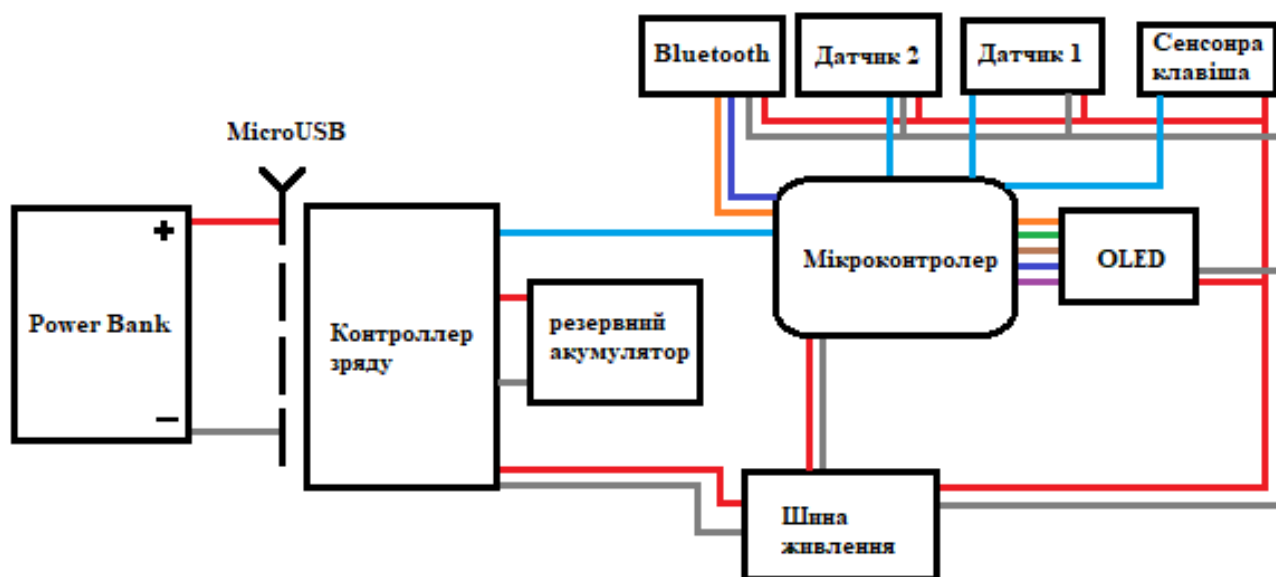


Рис. 2.14 – Принципова схема проекту.

Так як у проекті використовується живлення 5V, то при виборі МК потрібно розраховувати на це живлення. Компанія Atmel представляє серію 8-ми бітних процесорів mega, які працюють у діапазоні живлення від 1.8V до 5.5V.

Серед представлених моделей (Рис. 2.15) потрібно обрати ту, яка матиме змогу підключити 13 дрітків та збільшений обсяг flash пам'яті для зберігання символів та зображень, які будуть виводитись на дисплей.

Table 2-1. Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega48A	4KBytes	256Bytes	512Bytes	1 instruction word/vector
ATmega48PA	4KBytes	256Bytes	512Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88A	8KBytes	512Bytes	1KBytes	1 instruction word/vector
ATmega88PA	8KBytes	512Bytes	1KBytes	1 instruction word/vector
ATmega168A	16KBytes	512Bytes	1KBytes	2 instruction words/vector
ATmega168PA	16KBytes	512Bytes	1KBytes	2 instruction words/vector
ATmega328	32KBytes	1KBytes	2KBytes	2 instruction words/vector
ATmega328P	32KBytes	1KBytes	2KBytes	2 instruction words/vector

Рис. 2.15 – Серія МК Mega від Atmel. *Замінити на табл*

Ядром приладу обраний МК ATmega328p. Він оброблює інформацію, яка поступає від елементів керування, передавачів, датчиків та будь яких аналогових або цифрових модулів. Тактова частота 20 МГц дозволяє отримати сигнали керування та відправити зображення у оптичну систему майже без затримки, яка буде складати декілька наносекунд. У зв'язку з популярністю та масовістю виробництва обраного МК він має низьку ціну та уже розповсюджений, що полегшує його заміну у разі потреби в ремонті та робить проект більш доступним.

МК має представлення у DIP та SMD (Рис. 2.16.) корпусах, що має дуже щільно розташовані виводи, що ускладнює підключення компонентів до нього. Для вирішення цієї проблеми МК включений у плату Arduino Nano (Рис. 2.17) з розведеними контактами, що полегшує збір макету.



Рис. 2.16. - ATmega328P у SMD корпусі

Сама серія плат Arduino включає в себе дешеві, надійні, різноманітні модулі, мікроконтролери та датчики, що дає змогу розробникам легко та доступно модифікувати проект, а працівникам у разі необхідності легко замінити частину приладу або конкретний модуль.

Програмується МК у програмі Arduino IDE, що є дуже розповсюдженою середою розробки, що дозволяє шукати готові рішення поставленої задачі і без навичок програмування МК створювати або модифікувати проект.

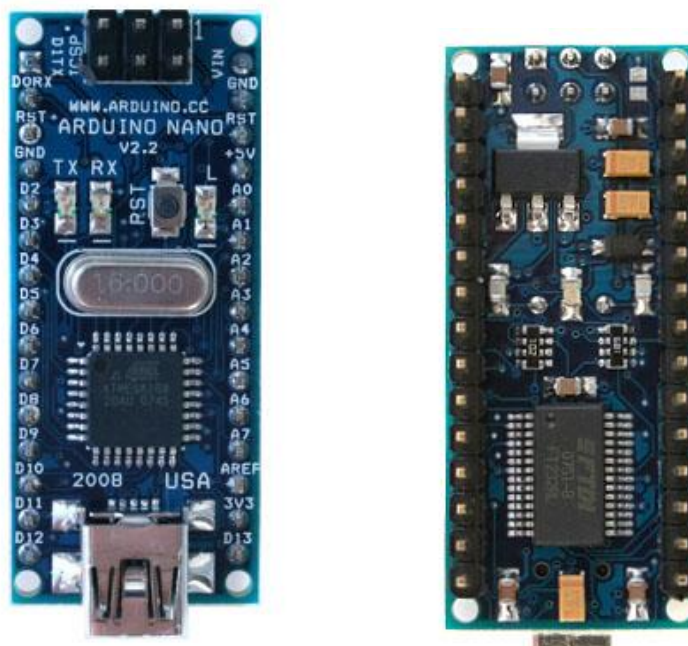


Рис. 2.17. - Arduino Nano з МК ATmega328P

Плата Arduino відмінно впорається з комунікацією модулів, отриманню сигналів та виводу на екран статичного зображення. Кількість внутрішньої пам'яті МК не дозволяє завантажити багато статичних або динамічних зображень без додання до проекту модуля підтримки карти пам'яті microSD.

Для виводу динамічного зображення ATmega328p не підійде так, як постійне оновлення зображення використовуватиме більшість потужності МК. Як результат, вивід зображення з частотою 20-25 FPS, створять переривчасте зображення і тому при необхідності виводу на екран динамічного зображення МК потрібно буде замінити на більш потужний.

Заміною МК ATmega328p є МК STM32F103C8 (Рис. 2.18), який згідно таблиці 1 має значно кращі характеристики за ті ж самі гроші, але STM32F103C8 потребує значно більших навичок програмування ніж плата Arduino Nano, що сильно затримує майбутню розробку та модифікацію проекту. На даному етапі проект має отримувати інформацію від елементу

керування на корпусі та виконувати керування меню з виводом статичного зображення на оптичну систему, тому не дивлячись на переваги STM32F103C8 перед МК АТmega328р (Таблиця 2.3) у швидкості виконання операцій та обсязі пам'яті у проекті буде використовуватись саме АТmega328р так, як універсальність та мала вартість є поки що найголовнішим критерієм.

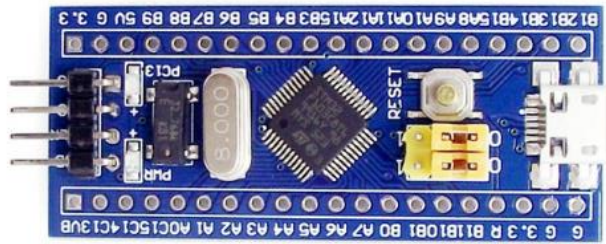


Рис. 2.18. - Плата STM32F103C8

АТmega328р має можливість підключення 24 контактів, до яких будуть під'єднані усі модулі проекту і залишиться 11 вільних контактів для подальшої модифікації проекту.

Таблиця 2.2. – Порівняння характеристик МК

Характеристики	STM32F103	ATMEGA328
Частота тактування МК	72 МГц	16 МГц
I2C канали	2	1
SPI канали	1	1
PWM канали	15	6
CAN канали	+	-
Аналогові канали	10	8
Канали USART	3	1
GPIO	32	24
Наявність RTC	+	-
Архітектура	ARM Cortex M3 32 біт	AVR RISC 8 біт

Роздільна здатність ADC	12 bit	10 bit
Рівень квантування	4086	1024
Флеш-пам'ять	64KB	32KB
SRAM	20KB	2KB
Програмування та налагодження	Serial, STAG	Serial
Роздільна здатність ШІМ	16 bit	10 bit
Ціна	\$1.10	\$1.20

2.2.6 Вибір матеріалів корпусу гарнітури

Так як система розташована на голові оператора і потрібно забезпечити максимально малу вагу приладу. Для корпусу був обраний саме пластик ($1,1 \text{ г/см}^3$), так як він значно легше за сталь ($7,7\text{-}7,9 \text{ г/см}^3$) або композитні сплави. Деревина ($0,54\text{-}0,75 \text{ г/см}^3$) у 2 рази легше за пластик, але вона має обмежену мінімальну конструкційну товщину, в той час як пластик може досягати в товщину десяти мм, що дозволяє створювати тонкостінні елементи в мати меншу кінцеву вагу ніж деревина. Пластиковий корпус можна виготовити за такими методами, як [7]:

- 1) 3D друк на FDM принтері. Цей метод зручний коли потрібно виготовити прототип або 1-3 деталі. Виготовляється за декілька днів. Попередніх підготовчих робіт не має. Якість поверхні 6 (по шкалі від 1 до 10). Матеріал PLA пластик.
- 2) Лиття в силіконову форму. Метод орієнтований на малотиражний випуск продукції до 500. Час виготовлення декілька тижнів. Мала кількість підготовчих робіт та низька їх собівартість. Якість поверхні 8 (по шкалі від 1 до 10).

3) Лиття пластику під тиском. Метод орієнтований на крупносерійне виготовлення проекту. Економічно вигідно при друці більш ніж 500 шт. Час виготовлення більше місяця і для виготовлення корпусу потрібно попередньо створити дорогі матриці для лиття під тиском. Якість поверхні 8 (по шкалі від 10 до 10).

Згідно Таблиці 2.3 у проекті буде застосовуватись SBS пластик тому, що він захищений від впливу ультрафіолету або органіки з якими буде постійно піддаватись гарнітура. Температура розм'якшення важливий параметр, так як під впливом ультрафіолету корпус буде постійно нагріватися і пошкодження герметичності корпусу приведе до виходу з ладу електроніки, але цього можна запобігти. Корпус проекту виготовляється по технології 3D друку з пластику.

Таблиця 2.3. – Порівняння характеристик пластиків

Пластик	PLA	SBS	ABS	Neylon	PETG	HIPS
Екструдер, °C	180-220	225-250	220-235	235-270	230-255	230-240
Стіл, °C	20-55	50-80	80-110	60-80	55-70	90-100
Адгезія	гарна	гарна	Клей, скотч	ПВА		ПВА-М
Безпека друку	+	+	-	-	+	-
Безпека для продуктів	+	+	-	+	+	+
Живучість	біорозкладний	Середня	Боїться УФ	Висока	Висока	Висока
Розчинник	Діхлоретам, діхлорметан	Сольвент, лімонен	Ацетон			Лімонен
Міцність на вигин	55,3	36	41			33
Межа на розрив	57,8	24	22	66		62
Модуль пружності	3,3-3,8	1,5	1,6-2,3	0,9-1		2,3
Відносне подовження, %	3,8	250	6	300	40	65

Пластик	PLA	SBS	ABS	Neylon	PETG	HIPS
Усадка, %	0,4-0,7	0,2-1,1	0,8	1,2-2	0	0,8
Щільність	1,24	1,01	1,05	1,134	1,27	1,05
t пом'якшення, °C	50	76	100	100	82	96
t плавлення, °C	173-178	160-170	200	214- 240		210-260
Міцність (По Роквеллу)	70-90	118	81-116		106	79
Поглинання вологи, %	2-50	0,06	0,2-0,3	3,09	0	0

2.3 Збірка модулів гарнітури

Принципова схема представлена на ПГ-п61.13 1730.09 УП. Це розширена комплектація приладу. В макеті не буде використовуватись Bluetooth та датчики газів. Замість датчиків газу буде використовуватись аналоговий акселерометр GY-61 ADXL335 через небезпечність роботи з газами та не зможі відкалібрувати датчик газу.

Більшість електронних модулів гарнітури є готовими платами, але маючи електричну принципову схему ПГ-п61.13 1730.02 ЕЗ можливо модифікувати проект створивши власну друковану плату ПГ-п61.13 1730.03 УП, яка одразу буде з'єднувати компоненти замість дротів, що покращить захищеність електроніки від електромагнітних перешкод, а також прибере можливість пошкодження з'єднання дротами через механічні пошкодження. Також змінюючи форму друкованої плати можливо змінювати габарити та форму самого корпусу гарнітури. Згідно принципової схеми проводиться подальша збірка гарнітури та програмування МК.

2.4 Програмування мікроконтролера

Основний алгоритм роботи МК це опитування під'єднаних датчиків. У випадку макету це цифровий датчик температури DS18B20. Після отримання значення з датчику вивести це значення на екран. Елементи керування гарнітури дають змогу переключати меню та змінювати значення якого датчику демонструється. У нашому випадку датчик 1, друге значення це буде значення з GPIO МК під'єданого до ADC. ADC конвертує значення напруги у цифрову послідовність значень. Інформація виводиться на дисплей OLED, а точніше інформація посилається на його драйвер SSD1306.

Програмування проводиться у середі програмування Arduino IDE (Рис. 2.19). Про має велику кількість готових бібліотек у відкритому доступі серед який є бібліотека для підключення дисплею на базі драйверу SSD1306. Ми використовуємо екран 128x64 px з SPI протоколом спілкування. Це враховується при обиранні бібліотеки та стартових параметрах програмного коду. Сам програмний код представлений у Додаток А.

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	51
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

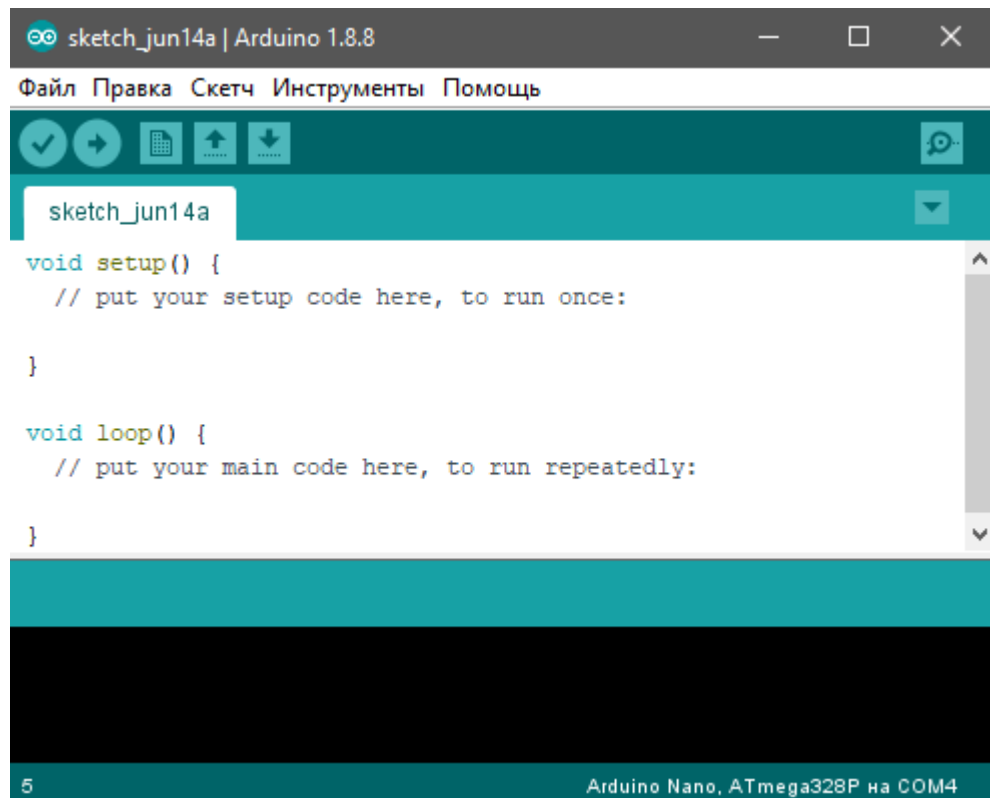


Рис. 2.19 – Arduino IDE з новим проектом для Arduino Nano

МК не має можливості засинати, це зроблено у демонстраційних цілях та цілях економії терміну служби EEPROM (один із видів енергетично незалежної пам'яті) пам'яті, тому опитування датчику проводиться постійно і вивід зображення на OLED екран теж.

Алгоритм має 2 режими виводу зображення на екран:

1. Режим. Вимірювані дані виводяться на весь екран.
2. Режим. На екран виводиться блок тексту та вимірювані дані в кутку екрану.

За замовчуванням режим роботи другий. В якості початкового тексту встановлено речення “Shmidko Vitaliy, PGp-61”. Змінити напис можна лише через Bluetooth. Данні зчитуються з датчику кожену секунду.

2.5 Корпус гарнітури

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

Розробка корпусу проводиться у програмному забезпеченні Solid Works Premium 2019. Під час розробки розміри тонкостінних елементів та більшості граней корпусу вибирались розміри кратні 0.4 мм, це пов'язано з тим, що корпус макету виготовляється за технологією 3D друку. Екструдер (Рис), 3D принтеру має певний діаметр сопла і від цього залежить товщина шару при друкуванні корпусу гарнітури.

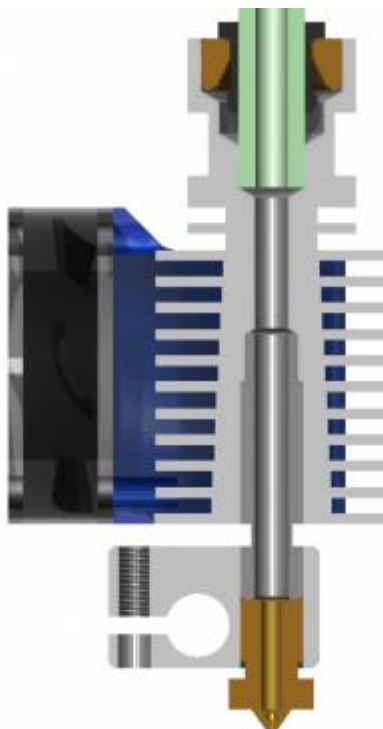


Рис. 2.20 – Екструдер 3D принтеру

Для розробки збірки гарнітури використовуються придбані в крамниці електронні плати. Потрібно спочатку змодельовати їх, щоб провести аналіз розташування елементів у корпусі в від цього визначити габарити гарнітури. Після створення 3D моделі плат, OLED (Рис. 2.21) були відомі всі габарити, що дало змогу відтворити оптичну систему (Рис. 2.6) у 3D представлені (Рис. 2.22) за допомогою її компонентів.

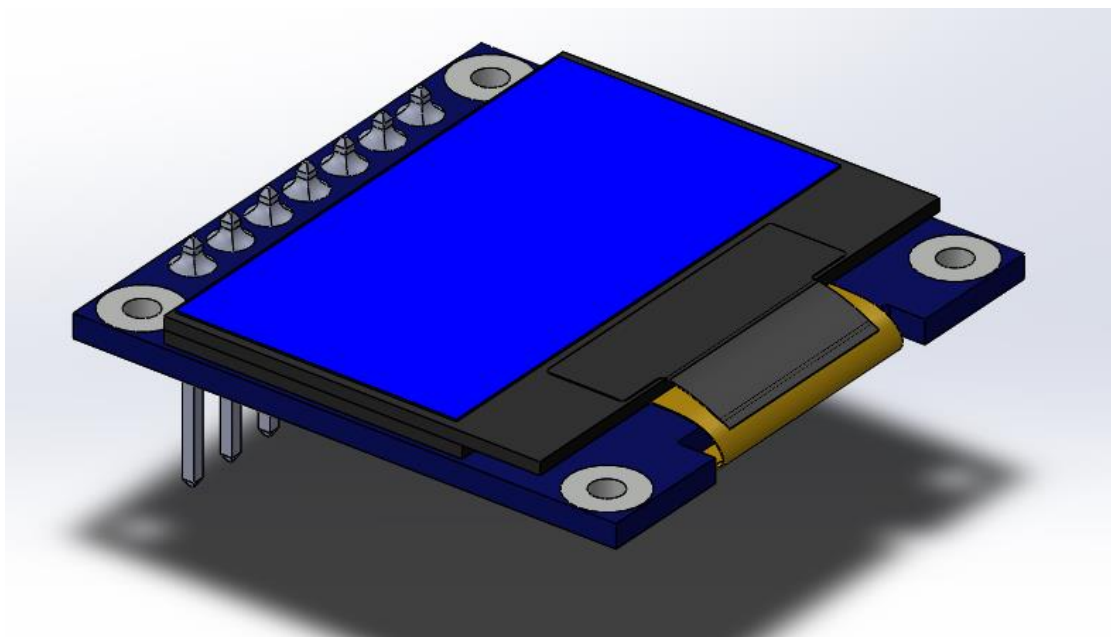


Рис. 2.21 – 3D модель OLED дисплею з SPI протоколом спілкування

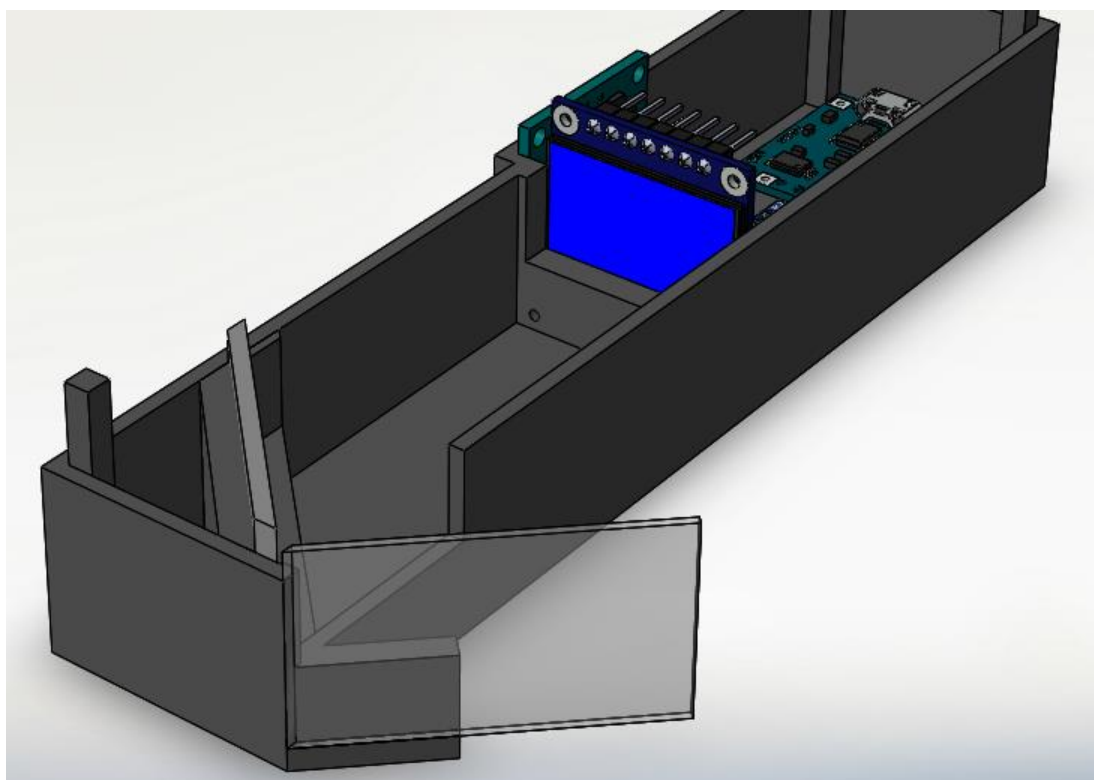


Рис. 2.22 – Оптична система у корпусі

Корпус гарнітури спроектований таким чином, щоб усі елементи оптичної системи були на однаковому рівні, а кут падіння проміння світла на кожний елемент 45° (Рис. 2.22).

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

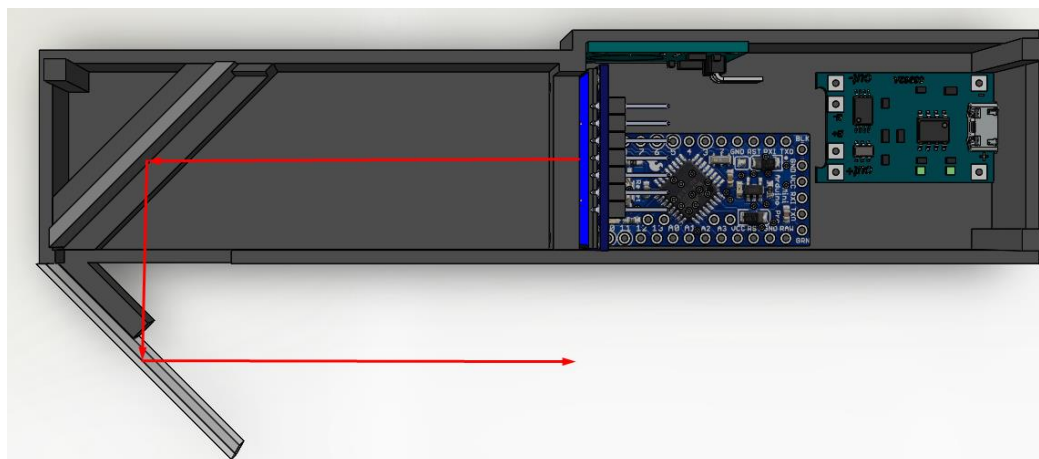


Рис. 2.22 – Оптична система в корпусі вигляд зверху

2.6 Збірка гарнітури

При збиранні макету плата на якій був розташований МК Arduino Pro Mini замінений на аналогічний на платі Arduino Nano. Під час збирання усі компоненти закріплювались на термопластичний полімер, який подавався за допомогою клейового пістолету. Полімер захистить деталі від пилу та вологи, а місця пайки окрім термоусадки були захищені полімером.



Рис. 2.23 – Полімерний стержень та клейовий пістолет

Замість дротів використовувались комп'ютерні шлейфи (Рис. 2.24). Використання шлейфу зумовлено необхідністю створення контактів гнучкими проводами і шлейф має високу надійність та гнучкість. У електричних ланцюгах макету не використовуються великі струми, тому товщини та тепловіддачі проводів шлейфу вистачить.

Для фізичної обробки 3D моделі був задіяний наждачне полотно, стамеска, які прибрали дефекти після 3D друку, а саме - усадку пластику та нерівності між деякими шарами.

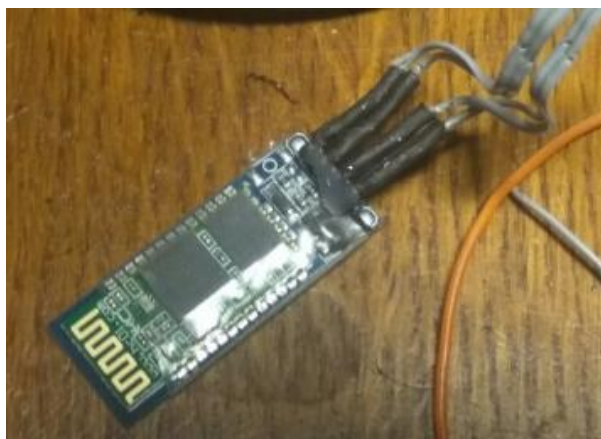


Рис. 2.24 – Bluetooth модуль з термоусадкою та полімерним покриттям



Рис. 2.25 – Комп'ютерний 40-ка контактний шлейф

Перед кінцевою зборкою макету була перевірена робота електричних компонентів та програмного алгоритму (Рис. 2.26). Підключення по Bluetooth по MAC адресі 00:18:91:D6:9E:06 чекає на підключення та пароль «1234».

При перевірці макету датчик показував кімнатну температуру, а при дотику пальцем 36°C. У зібраному макеті (Рис. 2.28) Проекція не чітка через товсте скло дзеркала, яке потрібно зменшити у товщині або замінити на дзеркальну поверхню без скла.

Під час виконання практичної частини макету нам вдалось отримати проекцію зображення на рефлектор та вивід даних температури на нього. Bluetooth передавач має велику швидкодію за рахунок власного МК. Сенсорна клавіша працює з миттєвою швидкодією через шар діелектрику 3мм.

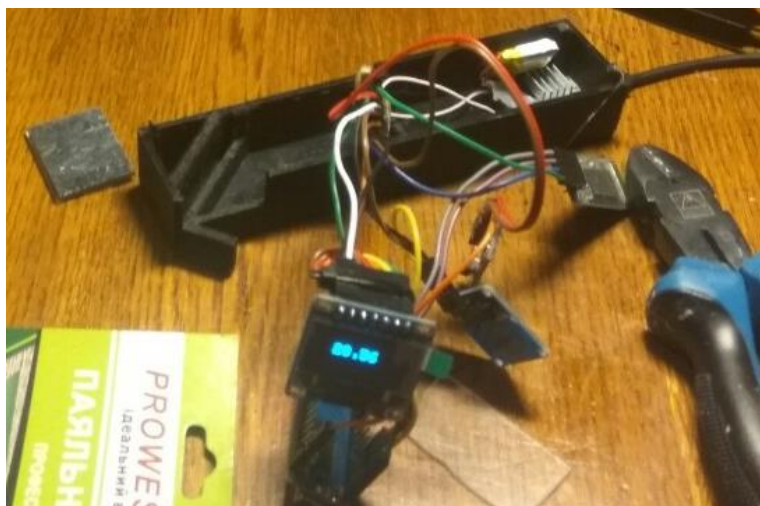


Рис. 2.26 – Макет зібраний навісним монтажем. 1-й режим відображення інформації на дисплеї

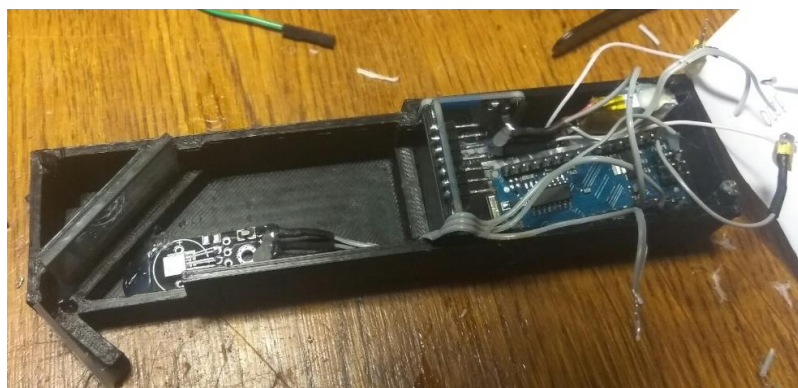


Рис. 2.27 – Макет із Зібраною електронікою



Рис. 2.28 – Гарнітура у зібраному вигляді

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту вдалось створити гарнітуру з функцією доповненої реальності. Основними перевагами стали: ціна, вага, простота роботи. Основними недоліками: скудні технічні можливості, але гарнітура немає конкуренції у своєму ціновому діапазоні. При подальшому розвитку проекту гарнітура може отримати гіроскопи, GPS трекери, синхронізацію з телефоном за допомогою Bluetooth. Ці проектні рішення потребують часу на розробку та налагодження, але це не змінить принципів проекту, а саме низької ціни та універсальності.

На даний час глобальна мережа Інтернет представляє широкий спектр електронних компонентів, які суттєво збільшать функціональність гарнітури. Китайська платформа оптових покупок Aliexpress дає змогу з легкістю вибрати потрібні електронні компоненти, а широка база користувачів може допомогти у розробці та вирішенні певних проектних проблем та рішень, які виникають під час розробки.

Під час виконання дипломного проекту були закріплені та удосконалені знання, отримані за весь період навчання. Вміння аналізувати та реалізувати інформацію, проектування деталей та створення виробничих креслень, математичний аналіз за допомогою MatLab, знання та практичні навички програмування на мові C, а також знання з електроніки та мікроконтролерів і інших предметів знання з яких використовувались у проекті.

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

ДОДАТОК А – Програмний код

```
#include <OneWire.h>

#include <MenuSystem.h>

#include <SPI.h>

#include <Adafruit_GFX.h>

#include <Adafruit_SSD1306.h>

#include "GyverButton.h"


#define SCREEN_WIDTH 128

#define SCREEN_HEIGHT 64


#define OLED_MOSI 9 //D1

#define OLED_CLK 10 //D0

#define OLED_DC 11

#define OLED_CS 12

#define OLED_RESET 13


GButton butt1(3, LOW_PULL, NORM_OPEN);

OneWire temp(2);


String code;

String Text;

String TextW;

byte mode;

byte bl;

float temperature;

boolean flag_button = false;
```

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	59
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_DC,
OLED_RESET, OLED_CS);
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    TextW = "Shmidko Vitaliy,  PGp-61";
```

```
    Text = TextW;
```

```
    mode = 2;
```

```
    butt1.setDebounce(70);
```

```
    butt1.setClickTimeout(100);
```

```
    butt1.setTimeout(400);
```

```
    if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC)) {
```

```
        Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
```

```
        for(;;); // Don't proceed, loop forever
```

```
    }
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    bl=0;
```

```
    detectTemperature();
```

```
    if(Serial.available())
```

```
{
```

```
    bl=1;
```

```
    code = Serial.readString();
```

```
    if (code == "temp")
```

						Лист
					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	60
Редак	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

{
    Serial.print("Now the temperature on the sensor: ");

    Serial.print(temperature);

    Serial.println(" degrees");
}
else if (code == "start"){
    Text = TextW;

    mode=2;

}
else if (code == "reset"){
    asm("JMP 0");
}

else{
    Text=code;

    mode=2;

}

}

butt1.tick();

if (butt1.isHold() && flag_button == false){
    mode=1;

    flag_button=true;

}
else if (butt1.isHold() && flag_button == true)
{
    mode=2;

    flag_button=false;

}

switch (mode){
    case 1: mode1(temperature);

    break;

```

						Лист
					ДП ПГ-н61 13.1730.01 ПЗ	61
Редак	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

case 2:

mode2(Text);

break;

}

}

void mode1(float temp){ //menu по бездействиюi

display.clearDisplay();

display.setTextSize(3);

display.setTextColor(WHITE);

display.setCursor(25, 20);

display.println(temp);

display.display();

}


void mode2(String T){

display.clearDisplay();

display.setTextSize(1);

display.setTextColor(WHITE);

display.setCursor(5, 30);

display.println(T);

display.setTextSize(2);

display.setCursor(60, 10);

display.println(temperature);

if (bl==1)

{display.setTextSize(1);

display.setCursor(5, 10);

display.println("B");

```

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

}

display.display();

}

float detectTemperature(){

byte data[2];


temp.reset();

temp.write(0xCC);

temp.write(0x44);


delay(1000);


temp.reset();

temp.write(0xCC);

temp.write(0xBE);


data[0] = temp.read();

data[1] = temp.read();


temperature = ((data[1] << 8) | data[0]) * 0.0625;

}

```

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Європейська конвенція з прав людини. Видозмінена і доповнена протоколами №11 та №14 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.echr.coe.int/Documents/Convention_RUS.pdf. (Дата звернення 11.06.2019).
2. Seattle dive bar becomes first to ban Google Glass. /NEWTON C., 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cnet.com/news/seattle-dive-bar-becomes-first-to-ban-google-glass/>.
3. Google Glass sales halted but firm says kit is not dead, /BBC NEWS., 2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bbc.com/news/technology-30831128>.
4. Main page. /MWC19 Barcelona., 2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mwcbarcelona.com/>.
5. 5 конкурентів Google Glass. / Блог компанії Medgadgets., 2014. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/medgadgets/blog/224941/>
6. Мировая статистика. Тяжкое бремя плохих условий труда. / Международная организация труда (МОТ), 2019. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/medgadgets/blog/224941/>
https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249276/lang--ru/index.htm
7. Литье пласмасс. / Слѣз А., Клона, 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/medgadgets/blog/224941/>
<https://klona.ua/blog/liteynoe-proizvodstvo/lite-plastmass>

8. Линде Д.П. Радиолобительский справочник Вып 600. / 1966.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.ngpedia.ru/pg087n5wK9e6R1y7e8I1r70047373558/>

					ДП ПГ-п61 13.1730.01 ПЗ	Лист
						65
Редаг	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		